京都大学教授　赤　井　重　恭　監　修

植　物　病　害　研　究

第 7 集　第 1 号

Kyoto, Japan
1960

京都大学教授　赤　井　重　恭　監　修

植　物　病　害　研　究

第 7 集　第 1 号

Kyoto, Japan
1960

FORSCHUNGEN
AUF DEM
GEBIET DER PFLANZENKRANKHEITEN
(Shokubutsu Byogai Kenkyu)

Herausgegeben von

Prof. Dr. Shigeyasu Akai
Universität zu Kyoto

Heft VII, Nr. 1

Kyoto, Japan
1960

目　次

Inhaltsübersicht

植物病害研究 (Shokubutsu Byogai Kenkyu, Kyoto) 7(1):1～6, 1960

2・3 植物病原菌分生子の低温に対する抵抗力

青木 嘉夫*・赤井 重恭**・木村 文夫***

Yoshio Aoki, Shigeyasu Akai, and Takeo Kimura : Resistance of conidia of some plant pathogenic fungi to low temperature.

植物病原菌胞子の低温に対する抵抗力はその病原菌の越冬，初期感染などに深い関係をもっておるので，古くから種々の菌について論議されている[1,3,9,10,11,12,13,14]．逸見・赤井[6,7]は先にイネ胡麻葉枯病菌について，その分生子が −10°Cの低温に約2ヵ年耐えることを明かにしたが，さらにコムギ褐色銹菌およびオオムギ小銹病菌夏胞子の低温抵抗をも試験して，それらの夏胞子を徐々に低温度に曝らす場合には，著しく低温抵抗が増高することを観察した[2,5]．その後筆者らは引き続いて病原菌の低温抵抗について実験を継続したが，下記の植物病原菌についても，分生子の低温抵抗を試験したので，ここにその結果を報告する．実験の一部は故逸見武雄博士の御指導のもとに行なったものである．謹んで謝意を表する．

実験材料および方法

供試菌はホウレンソウ露菌 (*Peronospora spinaciae*)，オオムギうどんこ病菌 (*Erysiphe graminis*)，オオムギ斑葉病菌 (*Helminthosporium gramineum*)，イネいもち病菌 (*Piricularia oryzae*) およびイネ葉上の *Curvularia sp.* である．これら諸菌のうち前3者の胞子は圃場で採集した罹病植物上のものであり，後2者のそれは1%しよ糖加用ジャガイモ煎汁寒天上に10～14日間培養して生ぜしめたものである．

これらの分生子を殺菌水道水あるいは殺菌蒸留水に懸濁して試験管に入れ，綿栓して直ちに−10°±2°Cに調節した電気低温恒温器に納めた．なお処理胞子の生死検定には一定期間ごとに試験管をとり出して発芽試験を行なったが，氷を 4°，15°～20° (室温)，28°，40°Cの4区の異なる温度下でとかして，その融解速度が胞子の発芽能力に及ぼす影響をも調査した．

実験結果

1) ホウレンソウ露菌分生子の凍結抵抗　供試材料は，第1回は1940年4月23日採集，同日に (前日雨天)， 第2回は同年5月1日に採集，一夜ペトリ皿中に保って翌日実験を開始した (第1表)．

第1表　ホウレンソウ露菌分生子の凍結抵抗

Longevity of conidia held frozen at -10 °C of *Peronospora spinaciae* obtained from diseased spinach leaves (1940)

Days held frozen at -10°C	First trial (April 23-June,12) a)				Second trial (May 2-July 11) b)			
	Melting temperature of ice °C	Number of conidia measured	Per cent germination		Melting temperature of ice °C	Number of conidia measured	Per cent germination	
0	——	1700	20.5	100	——	1000	35.8	100
5	4	421	3.3	16	4	2000	7.5	21
	40	920	1.2	6	40	1200	8.0	22
10	4	925	2.4	12	4	640	10.2	28
	40	640	0.3	1	40	2020	9.0	25
20	4	1340	0.4	2	4	1100	2.8	8
	40	1380	0.4	2	40	500	2.2	6
30	4	1480	0.3	1	——	——	——	——
	40	1280	0	0	——	——	——	——
40	4	1250	0.1	0.5	4	420	1.2	3
	40	2110	0.1	0.5	40	610	0.7	2
50	4	1150	0	0	c) 4	560	0	0
	40	1100	0	0	40	470	0	0

a) Germination at 24°C,　b) at 20-21°C,　c) after 60 days

* 岡山大学農学部作物病学研究室　** 京都大学農学部植物病理学研究室
*** 三共株式会社

本菌の分生子は凍結によって著しい影響をうけ，その発芽率は最初の 5 日間に標準区の約10～20%に低下した．しかし，その後は急激に死滅することなく，僅かの発芽率を維持しつつ，約40日間以上耐えるもののようである．本実験においては融氷温度を 4°，20°，28°，40° C の 4 段階として，それらに各々70，35，25，15分間保ったが，第 1 表には 4°および40° C の結果のみを記した．すなわち高温 (40° C) 下において速やかに氷をとかした場合，発芽がやや悪い傾向にある．

2) オオムギうどんこ病菌分生子の凍結抵抗　本実験には温室内で育成した白大麦葉上の分生子を用いた．胞子懸濁液 5 ml 宛を試験管に分注，綿栓して，−20° ± 2 ° C に冷蔵し，一定期間ごとに発芽試験を行なった．凍氷融解は前項実験と同様にして行なった．

第 2 表　オオムギうどんこ病菌分生子の凍結抵抗

Longevity of oidia held frozen at -10° C of *Erysiphe graminis* obtained from affected barley leaves (May 7～Sept.1940)

Days kept at -10° C	Melting temperature of ice ° C	Number of conidia measured	Number of conidia germinated: Number of germ tubes 1	2	3	4	5	Total	Per cent * germination	
0	——	900	257	45	6	1	1	310	34.4	100
5	4	350	32	10	1	0	0	43	12.3	36
	20	420	46	3	1	0	0	50	11.9	35
	28	2100	116	28	3	1	0	148	9.6	28
	40	1000	68	15	1	0	0	84	8.4	24
10	4	640	40	3	0	0	0	43	6.7	19
	18	860	42	6	0	0	0	48	5.6	16
	28	1500	56	7	0	0	0	63	4.2	12
	40	1650	49	3	0	0	0	52	3.2	9
30	4	1200	31	5	0	0	0	36	3.0	9
	21	1610	42	3	0	0	0	45	2.8	8
	28	1320	34	1	0	0	0	35	2.7	8
	40	1200	16	2	0	0	0	18	1.5	4
50	4	1700	51	1	0	0	0	52	3.1	9
	14	550	11	3	0	0	0	14	2.6	8
	28	310	6	1	0	0	0	7	2.3	7
	40	130	2	0	0	0	0	2	1.5	4
132	4	——	——	——	——	——	——	——	——	——
	14	1100	7	1	0	0	0	8	0.7	2
	28	1000	4	0	0	0	0	4	0.4	1
	40	1300	8	0	0	0	0	8	0.6	2

* germination at 28° C

本菌の分生子は比較的低温においてよく発芽し，かつ水滴のない場合がかえって良好であるといわれている[4,8]．したがって本実験の条件は発芽には不利であると考えられ，冷蔵前の発芽率も良好でない．本菌分生子の凍結抵抗は最初の 5 日間に著しく低下して，発芽率は標準区の約30%になったが，凍氷の融解速度とその後の発芽との関係はホウレンソウ露菌の場合と同様，高温 (40° C) 下で融氷した場合に発芽率が悪い．

筆者らは発芽管を生じているものすべてを一応発芽とみとめて計算したが，発芽試験前に既に0.6～1.0%の胞子がごく短い発芽管を出していた．したがって上表において，冷蔵 132 日後に0.4～0.7%の発芽を認めたことは，実際には発芽した胞子がなかったものとも思われ，冷蔵50～60日以後には胞子は殆んど死滅するものと認めて差支えないようである．なを発芽管数は冷蔵前には 1 胞子当り1～5個，発芽管 1 個のもの約83%であったが，冷蔵と共にその数を減少する．

3) オオムギ斑葉病菌分生子の凍結抵抗　京都市北白川において採集した被害オオムギ葉上の胞子を殺菌蒸留水に懸濁して，5 ml 宛試験管に分注し，室温 (20～21° C) か

ら直ちに -10°±1°Cの低温恒温器に納めて凍結せしめた．結果は第3表の通りである．

第3表　オオムギ斑葉病菌分生子の凍結抵抗

Longevity of conidia held frozen at -10°C of *Helminthosporium gramineum* obtained from affected leaves of barley

Replication	Days held frozen at -10°C	Melting temperature of ice	Number of conidia measured	Number of conidia germinated						Per cent germination[d]	
				Number of germ tubes					Total		
				1	2	3	4	5			
1[a]	0	—	500	268	159	21	2	0	450	90.0	100
	6	3～4	500	207	140	6	0	0	353	70.6	78
		40	500	117	117	9	0	0	243	48.6	54
	20	4	500	101	91	5	0	0	197	39.4	44
		40	500	74	56	4	0	0	134	26.8	30
	45	5	600	19	23	2	0	0	44	7.3	8
		40	600	5	9	1	0	0	15	2.5	3
2[b]	0	—	500	171	67	3	0	0	241	48.2	100
	5	4	180	40	19	5	0	0	64	36.6	76
		40	170	29	20	0	0	0	49	28.8	60
	20	5	300	8	15	1	0	0	24	8.0	17
		40	200	7	2	1	0	0	10	5.0	10
	40	4	210	2	2	1	0	0	5	2.4	5
		40	200	3	0	0	0	0	3	1.5	3
3[c]	0	—	500	114	291	47	4	2	458	91.6	100
	5	4	124	35	42	7	0	0	84	67.7	74
		40	113	52	27	4	0	0	83	73.5	80
	15	4	323	120	99	14	1	0	234	72.5	79
		40	245	64	56	16	0	0	136	55.5	61
	40	4	196	62	46	13	6	2	129	65.8	72
		40	130	46	33	12	6	0	97	74.6	81
	80	4	530	3	3	1	0	0	7	1.3	1
		40	260	2	8	1	2	0	13	5.0	5
	110	4	161	3	7	5	4	2	21	13.0	14
		40	400	7	8	2	5	0	22	5.5	6
	141	4	530	7	8	2	1	0	18	3.4	4
		40	460	7	7	2	0	0	16	3.5	4

a) First trial, May 20～July 14, 1941
b) Second trial, June 4～July 14, 1941
c) Third trial, May 7～Sept.24, 1942
d) Germination at 28°C

上表の結果から明かなように，斑葉病菌分生子は凍結に対してよく耐え，少なくとも40日以上はかなりの高発芽率を保つものと思われる．しかし，それ以上の凍結は著しく発芽力を減退せしめるようであって，140日以上の凍結期間後には発芽率は3～8%に低下した．分生子の発芽管は凍結日数と共にその数を減少するようであるが，上表の実験範囲内では余り明瞭でない．また融氷温度と胞子の発芽との関係は他の供試菌の場合と同様であって，高温(40°C)で速かにとかした場合に発芽率が悪い場合が多い．なお冷蔵によって早期に死滅する胞子は若い胞子および過熟の胞

子であって，隔膜数5～6を中心とした胞子が残存する．

4) イネいもち病菌および *Curvularia* sp. の分生子凍結抵抗　1%しょ糖加用ジャガイモ煎汁寒天培地に10～14日間培養して，生じた両菌の分生子を殺菌水道水に懸濁し，その1 ml宛を試験管に分注して用いた．

第4表　培地上に生じたいもち病菌および *Curvularia* sp. の分生子凍結抵抗

Longevity of conidia kept frozen at -10°C of *Piricularia oryzae* and *Curvularia* sp. grown on potato-decoction agar media

(1952)

Days held frozen at -10°C	*Piricularia oryzae*			*Curvularia* sp.		
	Number of conidia measured	Per cent germination		Number of conidia measured	Per cent germination	
0	605	81.3	100	602	88.9	100
1	618	62.9	74	603	70.5	79
3	613	44.4	55	620	62.1	70
7	628	34.4	42	607	52.2	59
15	615	11.2	14	637	47.3	53
20	651	4.3	5	634	44.8	52
25	678	1.6	2	680	43.2	49
30	1350	0	0	700	30.0	36

Average of three replications

Ice was melted at 28°C, and the germination of conidia was performed at 28°C for 24 hours

上表で明かなように，両菌とも1日の凍結によって胞子の発芽率は標準区の約70～80%に低下した．しかして，いもち病菌は凍結3日後に約50%に，30日後には全く発芽力を失ったが，*Curvularia* では，凍結前の50%に達したのは凍結後25日前後であって，前者に比べて遙かに高い耐久力を示した．なお凍結氷の融解温度と発芽との関係はつぎのようである．

第5表　分生子の凍結と融解温度が発芽に及ぼす影響

Effect of freezing and melting temperature of ice on the germination of conidia

Melting temperature of ice	*Piricularia oryzae*			*Curvularia* sp.		
	Number of conidia measured	Per cent germination		Number of conidia measured	Per cent germination	
5	809	62.8	100	465	77.4	100
15	487	59.8	95	463	72.4	94
28	653	58.8	94	265	71.7	93
40	472	57.0	91	441	69.6	90

Conidia suspension was forced to freeze by keeping 24 hours at -10°C

Average of three replications

上表の結果は胞子懸濁液を -10°C に僅か24時間保って凍結させた後，融解温度に2時間保って氷をとかし，発芽せしめたものである．この場合にも高温下で融解した場合には，発芽が悪い傾向をみとめた．

論　　議

植物病原菌胞子の低温抵抗は病原菌の越冬，初期感染源などの問題と関係が深いので，古くから関心がよせられている．筆者ら[2,5,6,7]は既にムギ類の銹菌，イネ胡麻葉枯病菌などについて，その夏胞子あるいは分生子の低温抵

抗に関する実験を試みたが，その他の菌についても報告されたものが少なくない[11,12,14]．

胞子の低温抵抗が病原菌の種類ならびに胞子が形成された環境条件によって著しく影響されることは述べるまでもない．本実験に供用した病原菌のうちでは，オオムギ斑葉病菌および *Curvularia* sp.の分生子が低温に対して強い抵抗性を有するようであるが，ホウレンソウ露菌の分生子などは比較的弱いようである．しかし，O'Brien, Webb [11] によると，-10°F（−23.3°C）に冷蔵したホウレンソウ露菌の分生子は6カ月後においてもなお3％の発芽を示している．氏等は56°F（13.3°C）において発芽試験を試みている．なおオオムギ斑葉病菌，第3回試験においては，胞子の低温抵抗曲線は先に行なったイネ胡麻葉枯病菌分生子の場合 [6,7] と頗る類似しているので，可なり強い低温抵抗が想像される．

オオムギ斑葉病菌分生子は通常1端または両端から1個宛の発芽管を生じて，発芽するが，1胞子当り5～6個の発芽管を数えることも稀ではない。このようなことはイネ胡麻葉枯病菌の場合にもよく見られたが，胞子を低温に冷蔵すると，その日数と共に発芽管数は一般に減少する傾向が見られるようである．オオムギうどんこ病菌分生子の場合には，冷蔵前に1～5個の発芽管が認められた．しかし，冷蔵とともに次第にその数を減じて，冷蔵前には発芽胞子の82.9％が1個の発芽管を出したが，冷蔵50日後には発芽胞子の78～100％が1個の発芽管を出すに至ることは第2表の通りである．なお，冷蔵によって早期に死滅する胞子は隔膜数の多い胞子あるいは隔膜数の少ない若い胞子のようであって永く残存するものは隔膜数5～6個を中心とした胞子のようである．

凍結胞子の融解温度が，その後の胞子発芽に影響することは既報 [5,7] の通りであるが，本実験においてもこの関係は明瞭であって，高温下で速かに氷をとかした場合には胞子の発芽率は一般に悪い（第1～3，および5表）．

摘　　要

本実験においては，ホウレンソウ露菌 (*Peronospora spinaciae*)，オオムギうどんこ病菌 (*Erysiphe graminis*) オオムギ斑葉病菌 (*Helminthosporium gramineum*)，イネいもち病菌 (*Piricularia oryzae*) およびイネ葉上の *Curvularia* sp.の分生子を用いて(後2者は培地上の胞子)，それらの低温凍結に対する抵抗力を比較実験した．これら供試菌の分生子を水に懸濁して試験管に入れ，直ちに-10°C±2°Cに調節した低温恒温器内に納めたが，結果の判定には，一定期間ごとに試験管をとり出して，発芽試験を行なった．

1．上記諸菌の分生子を凍結冷蔵した場合ホウレンソウ露菌分生子は約40日以上，オオムギうどんこ病菌の分生子は約50日以上，オオムギ斑葉病菌分生子は140日以上の耐久力を示した．上記3菌にはいずれも圃場で採集した罹病葉上の胞子を供用したが，イネいもち病菌およびイネ葉上の *Curvularia* の2菌では培地上に生じた分生子を用いた。この2菌においては，前者では30日，後者ではそれ以上さらに長く凍結に耐えるようである．

2．胞子を水に懸濁して凍結せしめた場合，融氷温度が胞子発芽に影響する．すなわち高温で速かにとかした場合には，低温で除々にとかした場合よりも胞子細胞原形質に及ぼす影響が著しいものと考えられ，高温において融氷した場合の胞子発芽率は低温融氷の場合よりも悪い．

（京大植病 №. 133)

引　用　文　献

1　安部卓爾（1933）　日植病報　2(6)：501-512

2　赤井重恭（1954）　同上　19(1-2)：15-17

3　Eriksson, J. (1895)　Centr. f. Bakt., Abt. Ⅱ, 1：557-565

4　逸見武雄（1941）　日植病報　11：35-36

5　――――・赤井重恭（1941）　農業及園芸 16(6)：977 - 988

6　――――・――――（1942）　医学・生物学 2(1)：35-37

7　逸見武雄・赤井重恭（1943）　京大農・講演集 2：77-89

8　平田幸治（1954）　日植病報　19(1-2)：61-64

9　Lin, C. K. (林傳光)　(1936)　Coll. Agr. a. Forest., Univ. Nanking, Bull.　44(N.S.)：33-67

10　Mehta, K. C. (1923)　Trans. Brit. mycol. Soc. 8：142-176

11　O'Brien, M. J. and R. E. Webb (1958) Plant Disease Rept.　42(12)：1312-1315

12　Raabe, R. D. and Glenn S. Pound (1942) Phytopath. 42：448-452

13　Wei, C. T. (魏景超)　(1936)　Coll. Agr. a. Forest., Univ. Nanking, Bull. 44(N.S.)：1-32

14　Yarwood, C. E., S. Sidky, M. Cohen, and V. Santilli (1954) Hilgardia 22 (17)：603-622

Résumé

In the present paper the writers dealt with the result of the experiments on the resisting power of conidia of pathogenic fungi to freezing. They are *Peronospora spinaciae*, *Erysiphe graminis* on leaves

of barley, ***Helminthosporium gramineum***, ***Piricularia oryzae***, and ***Curvularia*** sp. on rice leaves. Excepting the latter two, the conidia used were collected from leaves of affected hosts in the field. Conidia of the latter two, ***Piricularia oryzae*** and ***Curvularia*** sp., were obtained from the culture on potato decoction-sucrose agar. One or two ml of conidia suspension was poured into a test tube, and tubes were kept at -10°±2°C in the refrigerator. After holding definite intervals, test tubes were taken out and the germination of conidia was performed after melting ice at different temperatures.

According to these results, it seemed that conidia of ***Peronospora spinaciae*** resisted to freezing more than 40 days and of ***Erysiphe graminis*** about 50 days. However, conidia of ***Helminthosporium gramineum*** resisted more than 140 days. On the other hand, conidia of ***Piricularia oryzae*** obtained from the culture on agar media resisted about 30 days and those of ***Curvularia*** seemed to resist more than 30 days.

If the conidia suspension was kept frozen, the melting temperature of ice seemed to affect the germination of conidia after melting ice. In this case, when ice was melted quickly at higher temperature, the germination percentage of conidia seemed to be low, less than when ice was melted slowly at lower temperature.

Laboratory of Plant Pathology, Okayama University and Laboratory of Plant Pathology, Kyoto University, Japan.